

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería de Minas

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA DRENAR EL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA UNIDAD MINERA SAN BLAS, NIVEL EL QUINTO, PIQUE 62-ALGAMARCA, CAJABAMBA 2021”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autores:

Jhimy Ivan Caro Edquen

Leslie Judith Paredes Valderrama

Asesor:

Mg. Rafael Napoleón Ocas Boñon

Cajamarca - Perú

2022

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	17
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	21
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	74
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de días monitoreados en temporada seca y lluviosa	21
Tabla 2. Caudal en temporada de lluvia en pique 62, desde el 7 de octubre, 2020 hasta el 2 de mayo, 2021.....	22
Tabla 3. Volumen de agua para bombeo en temporada de lluvia en el pique 62	22
Tabla 4. Caudal en temporada seca en pique 62, desde el 2 de mayo, 2021 hasta el 7 de octubre, 2021.....	23
Tabla 5. Volumen de agua para bombeo en temporada seca en el pique 62.	23
Tabla 6. Caudal en temporada de lluvia en chimenea, desde el 7 de octubre, 2020 hasta el 2 de mayo, 2021.....	24
Tabla 7. Caudal en temporada seca en chimenea, desde el 2 de mayo, 2021 hasta el 7 de octubre, 2021.....	25
Tabla 8. Resumen de caudales para el diseño del sistema de bombeo	26
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos del agua.....	27
Tabla 10. Parámetros requeridos para la selección de la bomba	67
Tabla 11. Especificaciones del tanque pulmón vertical de aire	68
Tabla 12. Especificaciones de la bomba neumática.....	68
Tabla 13. Características de la bomba	69
Tabla 14. Costo de bomba y tanque pulmón acumulador de aire comprimido	72
Tabla 15. Costo de mano de obra para instalación	72
Tabla 16. <i>Costo de accesorios de instalación</i>	73
Tabla 17. Total de costos operacionales	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Primer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 01).....	28
Figura 2. Características de la bomba-Primer modelo (Estación 01)	29
Figura 3. Características de las tuberías para el primer modelo (Estación 01).....	29
Figura 4. Curva del sistema-primer modelo (Estación 01).....	30
Figura 5. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-primer modelo (Estación 01)	30
Figura 6. Segundo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 02).....	31
Figura 7. Características de la bomba-segundo modelo (Estación 02).....	32
Figura 8. Características de las tuberías para el segundo modelo (Estación 02)	32
Figura 9. Curva del sistema-segundo modelo (Estación 02)	33
Figura 10. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-segundo modelo (Estación 02).....	33
Figura 11. Tercer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 03)	34
Figura 12. Características de la bomba-tercer modelo (Estación 03).....	35
Figura 13. Características de las tuberías para el tercer modelo (Estación 03)	35
Figura 14. Curva del sistema-tercer modelo (Estación 03)	36
Figura 15. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-tercer modelo (Estación 03).....	36
Figura 16. Cuarto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 04).....	37
Figura 17. Características de la bomba-cuarto modelo (Estación 04)	38
Figura 18. Características de las tuberías para el cuarto modelo (Estación 04)	38
Figura 19. Curva del sistema-cuarto modelo (Estación 04).....	39
Figura 20. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-cuarto modelo (Estación 04)	39
Figura 21. Quinto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 05).....	40
Figura 22. Características de la bomba-quinto modelo (Estación 05).....	41
Figura 23. Características de las tuberías para el quinto modelo (Estación 05)	41
Figura 24. Curva del sistema-quinto modelo (Estación 05)	42

Figura 25. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-quinto modelo (Estación 05).....	42
Figura 26. Sexto modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 06).....	43
Figura 27. Características de la bomba-sexto modelo (Estación 06).....	44
Figura 28. Características de las tuberías para el sexto modelo (Estación 06).....	44
Figura 29. Curva del sistema-sexto modelo (Estación 06).....	45
Figura 30. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-sexto modelo (Estación 06).....	45
Figura 31. Séptimo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 07)	46
Figura 32. Características de la bomba-séptimo modelo (Estación 07)	47
Figura 33. Características de las tuberías para el séptimo modelo (Estación 07).....	47
Figura 34. Curva del sistema-séptimo modelo (Estación 07).....	48
Figura 35. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-séptimo modelo (Estación 07)	48
Figura 36. Octavo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 08)	49
Figura 37. Características de la bomba-octavo modelo (Estación 08)	50
Figura 38. Características de las tuberías para el octavo modelo (Estación 08).....	50
Figura 39. Curva del sistema- octavo modelo (Estación 08).....	51
Figura 40. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- octavo modelo (Estación 08)	51
Figura 41. Noveno modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 09)	52
Figura 42. Características de la bomba-noveno modelo (Estación 09)	53
Figura 43. Características de las tuberías para el noveno modelo (Estación 09).....	53
Figura 44. Curva del sistema- noveno modelo (Estación 09).....	54
Figura 45. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- noveno modelo (Estación 09)	54
Figura 46. Décimo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 10)	55
Figura 47. Características de la bomba-décimo modelo (Estación 10)	56
Figura 48. Características de las tuberías para el décimo modelo (Estación 10).....	56
Figura 49. Curva del sistema- décimo modelo (Estación 10).....	57

Figura 50. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- décimo modelo (Estación 10)	57
Figura 51. Decimoprimer modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 11)	58
Figura 52. Características de la bomba- decimoprimer modelo (Estación 11).....	59
Figura 53. Características de las tuberías para el decimoprimer modelo (Estación 11).....	59
Figura 54. Curva del sistema – decimoprimer modelo (Estación 11)	60
Figura 55. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo-decimoprimer modelo (Estación 11)	60
Figura 56. Decimosegundo modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 12).....	61
Figura 57. Características de la bomba- decimosegundo modelo (Estación 12).....	62
Figura 58. Características de las tuberías para el decimosegundo modelo (Estación 12)	62
Figura 59. Curva del sistema- decimosegundo modelo (Estación 12)	63
Figura 60. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- decimosegundo modelo (Estación 12)	63
Figura 61. Decimotercero modelo de diseño del sistema de bombeo (Estación 13).....	64
Figura 62. Características de la bomba-decimotercero modelo (Estación 13)	65
Figura 63. Características de las tuberías para el decimotercero modelo (Estación 13)	65
Figura 64. Curva del sistema- decimotercero modelo (Estación 13).....	66
Figura 65. Gradiente hidráulico vs. longitud de flujo- decimotercero modelo (Estación 13)	66
Figura 66. Curva de bomba neumática según el proveedor.....	67
Figura 67. Diagrama de procesos del sistema de bombeo	70
Figura 68. Diseño de la bomba en 3D	71
Figura 69. Reporte del sistema de bombeo-estación N°1 a 4 m de avance	82
Figura 70. Reporte del sistema de bombeo-estación N°2 a 8 m de avance	83
Figura 71. Reporte del sistema de bombeo-estación N°3 a 12 m de avance	84
Figura 72. Reporte del sistema de bombeo-estación N°4 a 16 m de avance	85
Figura 73. Reporte del sistema de bombeo-estación N°5 a 20 m de avance	86

Figura 74. Reporte del sistema de bombeo-estación N°6 a 24 m de avance	87
Figura 75. Reporte del sistema de bombeo-estación N°7 a 28 m de avance	88
Figura 76. Reporte del sistema de bombeo-estación N°8 a 32 m de avance	89
Figura 77. Reporte del sistema de bombeo-estación N°9 a 36 m de avance	90
Figura 78. Reporte del sistema de bombeo-estación N°10 a 40 m de avance	91
Figura 79. Reporte del sistema de bombeo-estación N°11 a 44 m de avance	92
Figura 80. Reporte del sistema de bombeo-estación N°12 a 48 m de avance	93
Figura 81. Reporte del sistema de bombeo-estación N°13 a 46 m de avance	94
Figura 82. Análisis químico de muestras de mineral del pique 62	95
Figura 83. Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua	96
Figura 84. Características de bomba.....	99
Figura 85. Materiales de la bomba.....	100
Figura 86. Curva de bomba proporcionada por el proveedor	101
Figura 87. Características tanque pulmón vertical de aire	102
Figura 88. Descripción del tanque pulmón vertical de aire	103
Figura 89. Plano de trayectoria del lugar de estudio.....	104
Figura 90. Plano topográfico de la bocamina hasta la chimenea.....	105
Figura 91. Ingreso a mina convencional nivel El Quinto	106
Figura 92. Filtración de agua por fisuramiento en el macizo rocoso.....	107
Figura 93. Acumulación de agua en punto inicial del Pique 62	108
Figura 94. Medición de caudal al inicio del pique.....	109
Figura 95. Visita a la zona de estudio	110
Figura 96. Acceso de la galería principal al subnivel	111
Figura 97. Voluta e impulsor de una bomba centrífuga	112
Figura 98. Principales elementos de las bombas	112

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de elaborar el diseño de un sistema de bombeo para la evacuación de agua subterránea en la unidad minera San Blas, Nivel el quinto-Pique 62-Algamarca, Cajabamba 2021. Por lo tanto, este proyecto nos permitirá controlar las aguas expuestas en interior mina, facilitando la extracción del mineral y evitando retrasos en la operación, manteniendo condiciones de trabajo óptimas, ya sea en épocas de lluvias o temporadas secas. El tipo de investigación es aplicada, con diseño no experimental-descriptiva, la cual busca la utilización de conocimientos en la práctica y poder aplicarlo en beneficio del dueño de la unidad minera. Por otro lado, se realizó diferentes estudios, como topográficos, hidrológicos, cálculo de parámetros del agua, selección, diseño y estimación de costos del sistema de bombeo. A partir del estudio, se propuso el diseño de un sistema de bombeo neumático capaz de evacuar $0.001419 \text{ m}^3/\text{s}$ manejando 13 estaciones de bombeo según el avance del pique para la extracción del mineral.

Palabras clave: (Sistema de bombeo, bombas de agua, evacuación de agua subterránea).

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Alvarado Quiliche, A. G. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo estacionario automático para evacuación de 72 litros por segundo de aguas subterráneas en la Minera Aurífera Retamas*. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Trujillo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27699/alvarado_qa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Condezo Acosta, H. A. (2019). *Mejoramiento del sistema de bombeo y drenaje de aguas subterráneas Unidad de producción Uchucchacua- Cia de Minas Buenaventura S.A.A.* Universidad Nacional carrión, Facultad de ingeniería de minas, Cerro de Pasco. Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1784/1/T026_44923901_T.pdf
- DIGESA. (2016). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Perú: Gesta Agua. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf
- Magne, F. (2008). *Abastecimiento, Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Modernizando el Aprendizaje y Enseñanza en la Asignatura de Ingeniería I*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. Obtenido de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1522.pdf>
- Mendrano, D. (2019). *Optimización en el Sistema de Bombeo y Drenaje de la Veta Ánimas-Minera Bateas*. Escuela Académico profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería, Huancayo. Obtenido de

[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5927/1/IV_FIN_110_T
E_Medrano_Ventocilla_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5927/1/IV_FIN_110_T_E_Medrano_Ventocilla_2019.pdf)

Muñoz Ospino, A. (2016). *Optimización del sistema de bombeo y manejo de las aguas residuales producto de la explotación minera en la mina de carbón San Fernando, operada por carbones San Fernando SAS, Vereda paso nivel, Amaga- Antioquia*. Univerisda Pedagógica y tecnológica de Colombia, Facultad seccional Sogamoso, Sogamoso. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1613/1/TGT-348.pdf>

Ortíz Ramírez, G. E. (2014). *Diseño e implementación de sistema de bombeo principal del sector A-mina calenturitas, propiedad de C.I PRODECO S.A, la Loma, Cesar*. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Facultad sede seccional sogamoso, Sogamoso. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1517/1/TGT-258.pdf>

Rafael Barzola, J. E. (2019). *Implementación de un sistema de bombeo integral para la evacuación de aguas subterráneas en minera KOLPA S.A*. Universidad Nacional del centro del Perú, Facultad de ingeniería de minas, Huancayo. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5149/T010_73891431_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodriguez Ayala, Y. M. (2014). *Mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A- UNIDAD SAN CRISTOBAL*. Universidad Nacional del centro del Perú, Facultad de ingeniería Mecánica, Huancayo. Obtenido de <http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/3215/Rodriguez%20Ayala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz, J. (2014). *Diagnóstico Operativo del Sistema de Desalojo de Agua Residuales en la Estación de Bombeo "La Esperanza" Ciudad Nezahualcoyotl, Estado de México.*

México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de

https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1689/500_2006_ESIA-

[ZAC_SUPERIOR_ruiz_perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1689/500_2006_ESIA-ZAC_SUPERIOR_ruiz_perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)